Criterion として一応破断点までの歪硬化量といったものも考へられる。しかし (1) なる条件については ϕ, ϕ' の方が遙かによく満足する。

最後に (3) の条件について考へよう。第22図は ϕ, ϕ' と U ノツチシャルピー遷移温度との関係を示す。また第23図は ϕ, ϕ' と V ノツチシャルピー遷移温度との関係を示すものである。これからみれば現在の実験範囲内では ϕ, ϕ' がシャルピー遷移温度と割合によく連関性をもっており、 ϕ, ϕ' の値の大なる材料程遷移温度が高いことが知られる。

いづれにしても歪硬化を起しやすい材料程、又歪硬化をより多く起す材料程切欠感度はよくて、脆性破壊を起しやすいことは明かである。

8. 結 言

筆者らは材料の切欠感度を常温引張試験における最大荷重点までの歪硬化量を Criterion にとつて比較することを提唱したい。もしこの結論が許容されるならば工業的試験法として採用され、それによつて受ける利益は大であらう。しかし決定的な結論をうるためには更に多数の材料について実験する必要がある、これについてはさらに研究を進める予定である。

謝 辞

本研究は造船用鋼材研究会より多大の援助を受け、また一部は文部省科学研究費用によつて行はれたものである。また実験にあたつて尾仲、太田、山本、浜崎諸氏の与へられた援助に対し感謝の意をする次第である。

附 録

引張試験における試片断面積の変化について

引張試験結果から抗張真應力および最大荷重点の歪を求めるには、最大荷重点時の試片断面積を測定しなければならぬ。筆者らは既述のごとく破断後に局部収縮を起していない試片平行部の断面積を測定し、これを最大荷重点の断

面積とした。かかる方法が許容されるかどうかについては一應実験的に確認する必要がある。第24図は室温における実験結果を示すものである。なお使用せる試片の寸法、形状は本実験で使用せる引張試片と同一である。もちろん試片平行部は最大荷重までは一樣な断面収縮、したがつて一樣な伸びを示す。最大荷重においては幾分断面縮少は不均一を示すが、この程度では結果に重大な影響を與へない。したがつて破断後破断点からかなり離れた平行部の断面積を二三ヶ所求め、これらの平均値を採用すれば近似的には最大荷重点時の断面積を表わすと考へられる。

Fig. 24 Variation of diameter of specimen to no load from breaking load in tensile test

点 熔 接 部 強 度 の 推 定 に 關 する 研 究*

浮 田 勇** 井 上 信 雄*** 灰 川 昭 三**

A Study on the Presumption of the Strength of Spot Weld*

By I. Ukita,** N. Inoue,*** S. Haikawa**

Abstract

In the case in which two bodies are joined together, the natural frequency changes according to

第5図 振動波形 (波形から振動数を求める一例)

 f_0 : AA 間に存在する音叉波数 f : AA間の試片振動波数

とに注意し、第2図に示すごとく、ドラム表面の同一稜線上に、音叉および試験片の針状剛体 n を接触せしめた。すなわち第3図の波形に示すごとく、振動波形の始点は、ドラムの同一稜線上にあるように、描かした。

次に音叉のコイルに電流を通じ、駆動せしめ、試験片は、一端固定の自由振動をなさしめると同時に、ドラムの回転をおこなうと、第3, 4, 5図のごとき波形を得る。

しかる後、これをニスにて定着した、

たゞし、第4図は同一試験片よりとつた二対の波形を示す。このやうに、同一試験片について、少くとも二つ以上の波形を求め、それらの周波数の平均値をとつた。

§ 3 実験結果

波形から試片の振動数を求める一例は第5図に示す。最

第6図 振動数と強度との関係
 f : 試片振動波数 f_0 : 音叉振動波数

も明確簡単に求めるため A, B, C, D, A のごとき点、特に図では AA を求め (実際はその波数の 2~3 倍のものである)、その間に存在する波数を読みとり振動数を求めた。

すなわち、第5図において、AA間の試験片波数および音叉波数をそれぞれ f_0 及び f で表した場合

$$F = F_0 f / f_0 = 81 f / f_0$$

より簡単に試験片振動数 F を、求めることができる (たゞし F_0 は音叉周波数 81 サイクルである)

次に上の如くして、固有振動数を測定した各試験片の剪断強度は、アムスラー試験機で測定した。かくして振動数と強度との関係を求めると、第6図の如くである。此の実験結果より実験式を求めると S を剪断強度とした場合

1) 熔接部強度が 45kg 以下の場合

$$S = 9.19(F_0 f / f_0)^2 - 260.83 F_0 f / f_0 + 1837.19 \\ = 60317.46(f / f_0)^2 - 21126.98 f / f_0 + 1837.19$$

2) 45kg~180kg を有する場合

$$S = 84.4 F_0 f / f_0 - 1356 \\ = 6836.4 f / f_0 - 1356$$

たゞし、強度 180kg までの範囲に対する周波数は

1) では $F = F_0 f / f_0 = 12.96 \sim 16.605 \text{ cycle}$

($f / f_0 = 0.16 \sim 0.205$) 2) では $F = 16.605 \sim 18.225 \text{ cycle}$ ($f / f_0 = 0.205 \sim 0.225$) である。

§ 4 測定値の吟味

先きに振動数の測定について記述したが、今測定値に影響を与える諸因子について、考察すると次のごとくである。

(i) 試験把握圧力

把握圧力の同一試験片の振動数に対する効果をみるために、若干の試験片について、実験した結果、第7図のごとき圧力と振動数の変化の関係を得た。

しかしながら、第7図 $p-f$ 曲線は最も、理想的な関係を示したと思われる一例であつて、すべて実験ごとに、それらの関係は一致した結果を得ることができなかった。

すなわち、把握に際して、圧力計を挿入して、各圧力ごとに、周波数を測定したのであるが、把握に際して、全く同一の把握条件を得ることが出来なかつたため、加圧力の影響は、單に傾向のみを知り得たに止り、正確に決定づけることは、極めて困難であつた。しかし、500kg の圧力を以て、把握をおこなえば、少々の圧力変化および把握条件が異なるやうなことがあつても、周波数には大差がないことが判つた。また 400kg 以下の把握圧力では極めて不安定な状態であつた。

第7図 $p-F$ 曲線の点線の部分は実験ごとに異つた結

第7図 把握圧力及び振動部長さの振動数に及ぼす影響

F 軸の Q は常用圧力の元の標準振動数

f 軸と F 軸の交点の Q は標準振動部長さ(16cm)とその時の標準振動数

果を得たため、特に点線にて示し、実線は、把握圧力の効果が殆んどない範囲であつて、此の範囲の把握圧力を実験に使用した。しがして、それに対する振動数の目盛を0とし負の部分は振動数の減少を示すものである。

(ii) 試片寸法及び形状

試験片の振動部長さの差異は把持に当つて、生ずることがないやう注意したが、第8図 1—f 曲線は、振動部長さ160mm に対して ± 2 mm の変化に伴う振動数の増減の一例で、近似的に直線で示され、 ± 2 mm の長さの変化に対して、約 ∓ 0.2 cycle 程度の変動があるが、もし本実験において、0.2mm の長さの誤差があつたとしても、それほど振動数に影響を与えるものとは思われない。なお試験片の幅および厚さは一定とみなした。

(iii) そ の 他

把握部面積の大小及び形状は、振動数に影響を与えるやうに思われたが、決定的な結果は得られなかつた。しかし、それらは振動数に大なる変動を与えるとは思われなかつた。

また、ドラムと、針状剛体との接触状況の振動に与える影響は、実験中認め得なかつた。たゞし、剛体はニカワにて完全に接着する必要がある。

その他溶接点の位置は固定端に近いほど、振動数は大となるが、それは溶接の為の重合面積の不揃いに対する考察と同様実測しなかつた。

(iv) 強度測定

剪断強度は、アムスラー試験機によつて測定したが、この場合、剪断力以外に、捩り応力が作用すると思われた場合もあったが、剪断力のみとして取扱つた。

また溶接部のくぼみのために、溶接部が破断せずに、試験片に穴が開いたものがあつたが、それらは省略した方が

妥当と思われたため省略した。

§ 5 理論的考察

今第8図のごとく、点溶接した試験片の一端を固定し、他端が自由振動する場合を考える。すなわち、

y : x なる座標に於ける撓み

E : ヤング率

R : 断面と中立面との交線の周りの断面の回転半径

第8図

ρ : 密度

S : 断面

t : 試験片の厚さ

b : 試験片の幅

l : 試験片の長さ

τ : 時間

とすると

$$S = b t$$

$$R^2 = \frac{2}{t} \int_0^t y^2 dy = \frac{2}{t} \frac{1}{3} y^3 \Big|_0^t = \frac{2}{3} \frac{1}{t} \left(\frac{t}{2} \right)^3 = \frac{t^2}{12} \quad (1)$$

$$K = E S R^2 \quad (2)$$

とおくと、板の撓み振動の方程式は一般に次のごとく表される。

$$\frac{\partial^2 y}{\partial \tau^2} + \frac{K}{\rho_s} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} \quad (3)$$

次に境界条件を考える。固定端 $x_1 = 0$ において、変位、傾斜はそれぞれ0であるため(4)の(i), (ii)となる。

溶接部 $x_1 = l$ ($x_2 = 0$) においては、衝合溶接されたものと同じやうに、その全面で溶着しているものと假定すれば (iii) となり、方向係数が溶接により傾斜し、不連続を生じているものと考えれば (iv) の条件が成立する。すなわち $m = 0$ においては、溶着して居らない状態を示し、 m が0より大となるに従つて強度も大となり、 $m = 1$ において、溶接部強度は試験片の断面の全面で溶接されているものとなるため、試験片強度と同一となる。故に m は常に0より大で1より小でなければならぬ。故にこのことから m によつて強さの程度を表すことができる。また曲げモーメント、剪断力が溶接部を経て連続しているものと考えれば、2階微分の (v) 及び3階微分の (vi) の条件が

成立する。

次に自由端 $x_2=l$ においては、曲げモーメント剪断力は 0 でなければならないため (vii), (viii) が成立する。

なお、曲げモーメント M 及び剪断力 T_s は次のごとくである。

$$M = K \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}, \quad T_s = -K \frac{\partial^2 y}{\partial x^3}$$

すなわち境界条件は

$$\left. \begin{aligned} x_1=0: & \quad X_1=0 \dots\dots\dots (i) \\ & \quad \frac{dX_1}{dx_1}=0 \dots\dots\dots (ii) \\ x_1=l(x_2=0): & \quad X_1=X_2 \dots\dots\dots (iii) \\ & \quad \frac{dX_1}{dx_1}=m \frac{dX_2}{dx_2} \dots\dots\dots (vi) \\ & \quad \frac{d^2 X_1}{dx_1^2} = \frac{d^2 X_2}{dx_2^2} \dots\dots\dots (v) \\ & \quad \frac{d^3 X_1}{dx_1^3} = \frac{d^3 X_2}{dx_2^3} \dots\dots\dots (vi) \\ x_2=l: & \quad \frac{d^2 X_2}{dx_2^2}=0 \dots\dots\dots (vii) \\ & \quad \frac{dX_2}{dx_2}=0 \dots\dots\dots (viii) \end{aligned} \right\} (4)$$

次の方程式をとくために

$$y = X_{(x)} e^{i\omega t}$$

とおくと、振動の微分方程式の一般解は

$$X_{(x)} = A \cos kx + B \sin kx + C \cosh kx + D \sinh kx \dots (5)$$

のごとし、4 けたの特別解を加へ合せた形で表される。茲に X は振動変位である。

今 $\alpha \equiv lw$ とおくと角速度 ω は

$$\omega^2 = \frac{K}{\rho S} k^4 = \frac{K}{\rho S} \left(\frac{\alpha}{l} \right)^4 \quad (6)$$

$$\therefore \alpha = l \sqrt{\omega} \sqrt{K/\rho S}$$

上記 (5) 式の A, B, C, D は任意常数である。しかるに、固有振動数と m が必要であるため、 m と α の関係を求める。

すなわち、(4) に示した 8 けたの境界条件から

$$\left. \begin{aligned} A_1 + C_1 &= 0 \\ B_1 + D_1 &= 0 \\ A_1 \cos \alpha + B_1 \sin \alpha + C_1 \cosh \alpha + D_1 \sinh \alpha - A_2 - C_2 &= 0 \\ -A_1 \sin \alpha + B_1 \cos \alpha + C_1 \sinh \alpha + D_1 \cosh \alpha - m B_2 - m D_2 &= 0 \\ -A_1 \cos \alpha - B_1 \sin \alpha + C_1 \cosh \alpha + D_1 \sinh \alpha + A_2 - C_2 &= 0 \\ A_1 \sin \alpha - B_1 \cos \alpha + C_1 \sinh \alpha + D_1 \cosh \alpha + B_2 - D_2 &= 0 \\ -A_2 \cos \alpha - B_2 \sin \alpha + C_2 \cosh \alpha + D_2 \sinh \alpha &= 0 \\ A_2 \sin \alpha - B_2 \cos \alpha + C_2 \sinh \alpha + D_2 \cosh \alpha &= 0 \end{aligned} \right\} (7)$$

なる 8 けたの方程式を得る。今式 8 の常数を消去すると、

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cos \alpha & \sin \alpha & \cosh \alpha & \sinh \alpha & -1 & 0 & -1 & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & \sinh \alpha & \cosh \alpha & 0 & -m & 0 & -m \\ -\cos \alpha & -\sin \alpha & \cosh \alpha & \sinh \alpha & 1 & 0 & -1 & 0 \\ \sin \alpha & -\cos \alpha & \sinh \alpha & \cosh \alpha & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\cos \alpha & -\sin \alpha & \cosh \alpha & \sinh \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sin \alpha & -\cos \alpha & \sinh \alpha & \cosh \alpha \end{vmatrix} = 0 \quad (8)$$

となり、これを展開すると次のごとくなる。

$$\begin{vmatrix} (m-1)(\sin \alpha + \sinh \alpha) & (m-1)(\cosh \alpha - \cos \alpha) & 2m \\ \cosh 2\alpha + \sin 2\alpha & \sinh 2\alpha + \sin 2\alpha & \sinh \alpha - \sin \alpha \\ \sinh 2\alpha - \sin 2\alpha & \cosh 2\alpha + \cos 2\alpha & \cosh \alpha - \cos \alpha \end{vmatrix} = 0 \quad (9)$$

こゝにおいて、 m 及び α の関係が得られる。

次に振動数 F は 6 式より

$$F = \frac{w}{2\pi} = \alpha^2 \sqrt{\frac{ER^2 g / \rho}{2\pi l^2}} \quad (10)$$

となる。

故に常数値を

$$\begin{aligned} E &: 7.5 \times 10^5 \quad \text{kg/cm}^2 \\ g &: 980 \quad \text{cm/sec}^2 \\ \rho &: 2.8 \times 10^{-3} \quad \text{kg/cm}^3 \\ l &: 8 \quad \text{cm} \\ R^2 &: 3 \times 10^{-4} \quad \text{cm}^2 \quad (\alpha = 0.06 \text{ cm}) \end{aligned}$$

とすると

$$F = 22.08 \alpha^2 \quad (11)$$

で表される。

かくのごとく、(9) 及び (11) 式よりそれぞれ m 及び F を求めると、第 9 図に示すとき結果を得た。

今これと実験結果を比較すると、45kg~180kg の範囲内で理論及び実験結果が良く合致することがわかった。

故に、この範囲内では、点溶接を施した試料の固有振動数を、知ればそれによつて剪断強度を推定し得ることが可能である。

しかし、極めて強度の小さい範囲等に対しては理論と実験が合致せず、それは複雑な溶接現象によつて、溶接部が不規則な形となる等によるものでないかと考えられる。

第 9 図 理 論 結 果
○ 実験値 × 理論値

§ 6 結 言

以上記述せるとく、振動数と強度との関係は理論及び実験によりある範囲内においては、振動数を知ることによ

つて、強度を推定し得ることが明らかとなつた。

しかし、強度の変化に対して、周波数の変動は極めて小さいため、周波数を充分精密に測定する必要がある。

粒状黒鉛鑄鉄の熔接性に關する研究 (第1報)*

ガス熔接及び再熔解・鑄造実験

栗山 良員** 本多 靖正** 吉富 英雄**

A Study on the Weldability of Nodular Graphite Cast Iron (Report I)*

—On the gas welding and remelting and casting experiments—

By Y. Kuriyama,** Y. Honda,** H. Yoshitomi**

Abstract

In the present experiments gas welding of nodular graphite cast iron (3 kinds of Cu-Mg, Fe-Si-Mg and Ca-Fe-Si-Mg system by casting methods) was mainly carried out supplementarily with remelting and casting experimentations of the same samples.

Concerning gas welding:

- 1) In order to take full advantage of the high toughness of this cast iron, the structure of welded parts was made as near as possible to the nodular graphite structure of mother plate.

This was accomplished by using welding core of same material and other cast iron and adding some Mg alloy to welding flux.

2) Welding was done by heat treatment so as to avoid the chilling and martensite tendency of welded parts.

3) Mg alloy addition to the flux was found useful in developing graphite spheroids.

4) The results were compared with the data obtained from operations with other than the above non-cast iron welding cores.

Concerning remelting-casting experiments:

1) Tendency of disappearance or fine-graining of graphite grain under heating temperature, of this cast iron and tendency of chilling effect with varying cooling velocity were observed to know roughly the cooling-speed effect on appearance of spheroid graphite and chilling in welding.

2) Under the heating temperature of gas welding, some of the graphite grains become finer, but others remain to grow during the cooling process.

3) At the cooling speeds of weld metals, around 6°C/sec or less, (temperature range of melting point-A₁ point), chilling did not occur.

結 言

最近英米よりわが国に紹介された粒状黒鉛鑄鉄 (Nodular graphite cast iron or spheroidal graphite cast iron) はその機械的性質の優秀さによつて一躍金屬工業界の話題をさらひ、すでにそれに関する幾多の研究報告を見るに至つた。さらにその熔接に関する報告も2, 3のほつてゐる。しかし現在迄に發表されている粒状黒鉛鑄鉄の熔接は従来から行われて来た普通鑄鉄の熔接法の延長であつて、粒状黒鉛鑄鉄の優秀な機械的性質に対しては極めて貧弱な熔接部を得ている憾があると考え、われわれはこの欠点を克服するために熔接部もまた粒状黒鉛の組織を有して母材と同程度の機械的性質を有する如きものを得んとす

る事に研究の主眼をおいた。

そのため本実験では母材より切り出した熔接棒による共金熔接及び普通鑄鉄熔接棒と含Al鑄鉄熔接棒を使用して、flux としては熔接部が粒状黒鉛組織となるやうに作用すると考えられる添加母合金より作製したものをを用いて熔接を行い所期の目的を達するやうに努めた。さらに従来行われて来た非鑄鉄の熔接棒による熔接も行ひ、上記の方法と

* 原稿受付 昭和27年2月 (昭和27年度熔接学会春季學術講演会において発表)

** 正員、大阪大学工学部熔接工学教室 Member, Welding Dep., Engineering Faculty, Osaka University.